

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-91452

(43) 公開日 平成7年(1995)4月4日

(51) Int.Cl.⁶

F 1 6 C 33/66
33/58

識別記号

Z

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-244611

(22) 出願日 平成5年(1993)9月30日

(31) 優先権主張番号 特願平5-189544

(32) 優先日 平5(1993)7月30日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000102692

エヌティエヌ株式会社

大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号

(72) 発明者 赤松 良信

三重県桑名市松ノ木4丁目7-3

(72) 発明者 伊藤 冬木

三重県四日市市大井手3丁目14-13

(72) 発明者 古林 卓嗣

三重県桑名市播磨2523-1

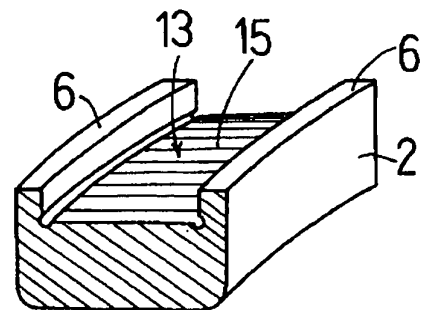
(74) 代理人 弁理士 江原 省吾 (外2名)

(54) 【発明の名称】 転がり軸受

(57) 【要約】

【目的】 ころ端面と鏝部端面等の滑り接触や転がり接触をする部位の潤滑性能を向上させる。

【構成】 内輪回転型式の軸受において、内輪(2)の軌道面(13)に仕上げ加工を施し、軸方向に沿って多数の加工目(15)を設ける。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 潤滑剤を介在させて互いに接触させた一対の軸受部品を有し、両軸受部品が一定方向に相対移動可能である転がり軸受において、前記一対の軸受部品のうち、少なくとも一方の軸受部品の接触部表面に、前記相対移動方向とほぼ直交する方向の加工目を設けたことを特徴とする転がり軸受。

【請求項2】 前記相対移動方向とほぼ直交する方向の加工目を、一対の軸受部品のうち、高速運動側の軸受部品に設けたことを特徴とする請求項1記載の転がり軸受。

【請求項3】 前記一対の軸受部品のうち、高速運動側の軸受部品の接触部表面のあらさを、低速運動側の軸受部品の接触部表面よりもあらくしたことを特徴とする請求項1記載の転がり軸受。

【請求項4】 前記一対の軸受部品の各接触部表面の合成あらさが $0.8\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の転がり軸受。

【請求項5】 前記相対移動方向とほぼ直交する方向の加工目を前記一対の軸受部品のそれぞれに設け、且つ、前記一対の軸受部品の各接触部表面のあらさをほぼ同じにしたことを特徴とする請求項1記載の転がり軸受。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、潤滑性能を改善した転がり軸受に関するものである。

【0002】

【従来の技術】円筒ころ軸受では、内輪又は外輪のうちの一方、若しくは、その双方に円筒ころの端面を接触案内するための鏝部や鏝輪が設けられる。このように鏝部等を設けた場合には、鏝部等とところとの間の接触部で滑り摩擦が生じるため、当該接触部を十分に潤滑する必要がある。また、ころの転動面と内輪又は外輪の軌道面との間の接触部では、ころが軸受の負荷域に侵入する際に滑りが発生するため、同様に十分な潤滑を行う必要がある。従来では、ころの端面や転道面、ころと接触する鏝部端面や転道面等に超仕上げ等の精密な仕上げ加工を施し、摩擦係数を減じて良好な潤滑性能を得るようにしている。

【0003】通常、このような仕上げ加工を施せば、仕上げ面に砥石の加工痕である加工目が形成される。従来の仕上げ加工では、被加工物を回転させながら砥石を被加工物の内径側から外径側にスライドさせているので、図16(a)に示すように、加工目(21)(23)は、例えばころ(20)端面の仕上げ面では多重同心円状に形成され(実線で示す)、鏝部(22)端面の仕上げ面では、周方向に形成される(点線で示す)。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このような形状の加工目が形成されると、円筒ころ(20)と鏝部

2

(22)の接触部のうちの中央部近傍(A)では、同図(b)の拡大図に示すように、ころ側の加工目(21)と鏝部(22)側の加工目(23)とがほぼ平行になる。これは、ころ(20)と鏝部(22)の相対移動方向に対して両加工目(21)(23)がほぼ平行になることを意味する。

【0005】しかし、通常、仕上げ面には加工目に沿って筋状の凸部が多数形成されているため、このような平行部分があると、ころ及び鏝部の仕上げ面に形成された筋状の凸部が重なり合い、この重なり合った筋状部分で油膜厚さが薄くなるおそれがある。この結果、直線的な油膜破断が生じ易くなり、潤滑性能の低下を招く。

【0006】そこで、本発明は、ころ端面と鏝部端面等の滑り接触や転がり接触をする部位の潤滑性能を向上させることを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的の達成のため、本発明では、潤滑剤を介在させて互いに接触させた一対の軸受部品を有し、両軸受部品が一定方向に相対移動可能である転がり軸受において、前記一対の軸受部品のうち、少なくとも一方の軸受部品の接触部表面に、前記相対移動方向とほぼ直交する方向の加工目を設けた。

【0008】前記相対移動方向とほぼ直交する方向の加工目を、一対の軸受部品のうち、高速回転側の軸受部品に設けてもよい。

【0009】また、前記一対の軸受部品のうち、高速回転側の軸受部品の接触部表面のあらさを、低速回転側の軸受部品の接触部表面よりもあらくするとよい。

【0010】前記一対の軸受部品の各接触部表面の合成あらさは、 $0.8\mu\text{m}$ 以下であるのが望ましい。

【0011】前記相対移動方向とほぼ直交する方向の加工目を前記一対の軸受部品のそれぞれに設け、且つ、前記一対の軸受部品の各接触部表面のあらさをほぼ同じにしてもよい。

【0012】

【作用】一般に加工目は、筋状の凸部が平行状態で多数形成されたものであり、このような加工目を形成すると、潤滑剤が各凸部の間の凹部に帯状に貯留されると考えられる。凹部に貯留された潤滑剤が非接触部から接触部内に入ると、接触部の負荷荷重の一部が凹部の潤滑剤に負荷されるため、凹部の潤滑剤は凹部に沿って接触部の外方に流出する。この時の流出方向は、加工目が軸受部品の相対移動方向に形成されている場合には、当該相対移動方向となる。従って、一対の軸受部品のうち、少なくとも一方の軸受部品の接触部表面に相対移動方向とほぼ直交する方向の加工目を設けると、相対移動方向とほぼ直交する凸部が、相手部材の凹部に蓄えられた潤滑剤の接触部外への流出を防止する(オイルダム効果という)。これにより、凹部の潤滑剤が接触部内に停留・保持されるので、接触部に介在する潤滑剤の量が増加し、その結果として接触部の油膜厚さを増大させることがで

(3)

3

きる。

【0013】 相対移動方向とほぼ直交する方向の加工目を、一对の軸受部品のうち、高速運動側の軸受部品に設ければ、オイルダム効果がより顕著に現れる。

【0014】 一般に物体の表面あらさを大きくすると、凸部の高さが高くなり、凹部に蓄えられる潤滑剤の量も増大する。従って、高速運動側の表面あらさを低速運動側よりもあらくすれば、凹部の通過頻度が増大し、しかも凹部が多量の潤滑剤を蓄えているため、これら2つの作用によって潤滑剤の接触部内における量がさらに増大する。

【0015】

【実施例】 以下、本発明を、転がり軸受の一つである円筒ころ軸受に適用した場合の実施例を図1乃至図15に基づいて説明する。

【0016】 図1に、一般的な円筒ころ軸受の断面図を示す。図示のように、この軸受は、軸(1)に嵌合した内径側軌道輪(以下、内輪と称する)(2)、ハウジング(図示省略)の内径面に嵌合した外径側軌道輪(以下、外輪と称する)(3)、内・外輪(2)(3)間に介在させた複数の円筒ころ(4)(以下、単にころと称す)、ころ(4)を円周等配位置で保持する保持器(5)等の各種軸受部品で構成される。前記内輪(2)の両端部には、アキシヤル荷重を支持してころ(4)の両端面を接触案内する鏝部(6)が一体に形成されている。

【0017】 本発明は、潤滑剤(例えば潤滑油)を介在させて互いに接触させた一对の軸受部品を有し、両軸受部品が一定方向に相対移動可能である転がり軸受において、前記一对の軸受部品のうち、少なくとも一方の軸受部品の接触部表面に、前記相対移動方向とほぼ直交する方向の加工目を設けることを特徴とするものである。以下、滑り接触する内輪(2)の鏝部(6)端面ところ(4)の端面との接触部(9)を例に挙げ、本発明の構成を詳述する。

【0018】 図2に示すように、鏝部(6)の端面には、超仕上げ等の精密な研削加工を施して仕上げ面(8)が形成される。そして、この仕上げ面(8)には、砥石の加工痕である加工目(10)が、内輪(2)に対するころ(4)の相対移動方向(内輪の周方向：矢印Aで示す)と直交する方向、即ち半径方向に沿って形成されている。なお、加工目(10)は、必ずしも正確に半径方向に形成されている必要はなく、単に内輪(2)の周方向と交差する方向に形成されていれば足りる。従って、図3に示すように、内輪(2)の周方向と交差する多数の凹曲線を組み合わせた網目状の加工目(10)も本発明にかかる半径方向の加工目に含まれる。

【0019】 一般に加工目は、筋状の凸部が平行状態で多数形成されたものと考えられ、このような加工目を形成した仕上げ面では、潤滑油が各凸部の間の凹部に帯状

4

に貯留される。従って、図6(a)に示すように、鏝部(6)の端面に半径方向の加工目(10)を設けると、ころ(4)の加工目(21)が従来品と同様の多重同心円状に、即ち相対移動方向と平行に形成されている場合にも、加工目(10)の凸部の呈するオイルダム効果により、ころ(4)の加工目(21)に蓄えられた潤滑油の接触部(9)外への流出が阻止される。このため、接触部(9)の油膜厚さが厚くなり、結果として接触部の潤滑作用を安定化させることができる。

10 【0020】 図4に示すように、ころ(4)の端面には、前記仕上げ加工により、多数の加工目(12)が、ころ(4)に対する内輪(2)の相対移動方向(ころの周方向)と直交する方向、即ちころ(4)の半径方向に沿って形成される。ここでいう半径方向も、上述の場合と同様に、ころ(4)の周方向と交差する方向を意味するものであり、図4に示すような放射状の加工目(12)だけでなく、図5(a)(b)に示すような多数の曲線を組合わせた形状の加工目(12)であっても同様の効果が得られる。

20 【0021】 このような加工目(12)を形成することにより、図6(b)に示すように、鏝部(6)端面の加工目(23)が従来品と同様に周方向に形成されていても、加工目(12)のオイルダム効果により、鏝部(6)端面の加工目(23)に蓄えられた潤滑油の接触部(9)外への流出が阻止され、その結果として接触部(9)の潤滑作用が安定化する。また、図6(c)に示すように、鏝部(6)ところ(4)の双方の端面に半径方向の加工目(10)(12)を形成すれば、さらに良好な潤滑作用が得られる。

30 【0022】 図7及び図8は、滑り接触及び転がり接触する内輪(2)の軌道面(13)ところ(4)の転動面(14)に本発明を適用した場合の実施例である。図7に示すように、内輪(2)の軌道面(13)には、内輪(2)に対するころ(4)の相対移動方向(内輪の周方向)と直交する方向、即ち軸方向の加工目(15)が形成される。また、図8に示すように、ころ(4)の転動面(14)にも同様に、ころ(4)に対する内輪(2)の相対移動方向(ころの周方向)と直交する方向、即ち軸方向の加工目(16)が形成される。もちろん、この加工目(15)(16)は、端面に設けた前記加工目(10)(12)と同様に、軌道面(13)及び転動面(14)のうち、少なくとも何れか一方に形成されていれば足りる。

【0023】 以上の説明では、内輪(2)ところ(4)の接触部に本発明を適用しているが、この他、外輪(3)ところ(4)の接触部に本発明を適用しても同様の作用・効果が得られる。即ち、外輪(3)に鏝部を設け、この鏝部の端面に半径方向の加工目(10)を設けたり、あるいは外輪(3)の軌道面(13)に軸方向の加工目(15)を設けてもよい。

50 【0024】 以下、本発明の効果を実証するために行な

(4)

5
 った実験について説明する。

【0025】【実験1】 この実験は、図9に示すように、軸受鋼製の2つの試験円筒A、Bを相対回転させてその外径面同士を滑り・転がり接触させ、焼付きが発生する際の回転速度を測定するもので、円筒Aの回転速度は200rpmで一定とし、円筒Bの回転速度は200rpmから30秒毎に100rpmずつ焼付きが発生するまで増速させている。使用した潤滑油はタービン油で、両円筒の最大接触圧力は1.4GPaである。

【0026】円筒Aには、中心線平均あらさ(Ra)が0.07 μ m程度の仕上げ面が加工目(18)を周方向に向けて形成されている。一方、円筒Bには2種類の仕上げ面が形成される。第1の仕上げ面は加工目(17)を周方向とし、第2の仕上げ面は軸方向としている。

【0027】このような条件下で、円筒Bの中心線平均あらさを0.07 μ mから0.55 μ mの間の4種類に設定し、各場合について焼付き発生速度を測定してグラフ化すると図10に示すようになる。但し、図中では、○が円筒Bの加工目を周方向とした場合を、◎が軸方向とした場合を表している。ここで、X軸にとった「合成あらさ」とは、円筒Aの中心線平均あらさ(RaA)と円筒Bの中心線平均あらさ(RaB)を合成したものをいい、以下の式で定義される。

【0028】合成あらさ = $(RaA^2 + RaB^2)^{0.5}$

図10より、何れの合成あらさにおいても、円筒Bの加工目(17)を軸方向とした方が両方の円筒の加工目(17)(18)を周方向とするよりも優れた耐焼付き性を有することがわかる。

【0029】この実験結果は、滑り・転がり接触する2物体の仕上げ面のうち、一方の仕上げ面の加工目を、2物体の相対移動方向と直交する方向に設ければ潤滑性能が向上することを示すものである。従って、上述のように、ころ(4)端面や鏝部(4)端面の何れか一方に半径方向の加工目(10)(12)を設けたり、あるいは、内輪(2)の軌道面(13)やころ(4)の転動面(14)の何れか一方に軸方向の加工目(15)(16)を設ければ、従来の軸受よりも優れた潤滑性能を得ることができる。

【0030】また、図10より、焼き付き発生速度は合成あらさと略反比例の関係にあるので、合成あらさを過度に大きくするのは実用的でない。本出願人の実験によれば、0.8 μ m以下の合成あらさであれば満足すべき結果が得られた。

【0031】【実験2】 この実験は、中心線平均あらさ(Ra)の異なる円筒A、Bを適当に組み合わせて実験1と同様の実験を行い、円筒A、Bの中心線平均あらさ(Ra)の大小関係が焼き付き発生速度に及ぼす影響を測定したものである。但し、円筒A、Bの加工目(17)(18)は、何れも軸方向とされている。

【0032】実験結果を示す図11から、両円筒の合成あらさが0.8 μ m以下の条件下では、円筒B(高速回転側)

6

の中心線平均あらさ(RaB)が円筒A(低速回転側)のそれ(RaA)よりも大きい場合(RaB>RaA:○で示す)の方が、その逆の場合(RaB<RaA:◎で示す)よりも優れた耐焼付き性を有することが理解できる。

【0033】これは、滑り・転がり接触する2物体の加工目の方向が何れも相対移動方向と直交する場合には、高速で移動する物体の中心線平均あらさ(Ra)を低速側よりも大きくすれば耐焼付き性が向上することを示すものである。

10 【0034】このような効果が得られる理由について考察する。一般に物体の表面あらさを大きくすると、凸部の高さが高くなり、凹部に蓄えられる潤滑油の量も増大する。従って、高速回転側の表面あらさを低速回転側よりもあらくすれば、凹部の通過頻度が増大し、しかも凹部が多量の潤滑油を蓄えているため、これら2つの作用によって潤滑性が向上すると考えられる。

【0035】ところで、転がり軸受では、回転側の軌道輪の方が固定側の軌道輪よりも回転速度は大きく、両軌道輪(2)(3)の間に位置するころ(4)の速度は、それらのほぼ中間の速度となる。従って、内輪回転型式の軸受では、外輪(3)の鏝部端面よりもころ(4)の端面を荒くし、さらに、ころ(4)の端面よりも内輪(2)の鏝部(6)端面を荒くすればより良好な潤滑性能を得られる(外輪鏝部端面 \leq ころ端面 \leq 内輪鏝部端面)。一方、外輪回転型式の場合は、内輪鏝部端面、ころ端面、外輪鏝部端面の順で表面を荒くすればよい(内輪鏝部端面 \leq ころ端面 \leq 外輪鏝部端面)。

【0036】なお、この関係は、内・外輪(2)(3)の軌道面(13)及びころ(4)の転動面(14)間における表面あらさの大小関係についても同様に当てはめることができる。

【0037】【実験3】 前記実験1により、円筒A、Bの何れか一方を軸方向の加工目とすれば、耐焼付き性が向上することが明らかになったが、これだけでは、どちらの円筒の加工目を軸方向とすればより効果的であるか明確でない。そこで、これを明らかにするため、実験1と同様の条件下で、円筒A、Bの加工目の方向性をそれぞれ異ならせて実験を行なった。

【0038】この実験結果を図12に示す。但し、図中の丸プロット(○、◎)は、円筒Aの加工目(18)を周方向に形成すると共に、円筒Bの加工目(17)を軸方向に形成した場合を表し、四角プロット(□、◻)は円筒Aの加工目(18)を軸方向とし、円筒Bの加工目(17)を周方向とした場合を表す。また、白抜きプロット(○、□)は、円筒Bのあらさが円筒Aより大きい場合を、黒塗りプロット(◎、◻)は逆に円筒Bのあらさが円筒Aより小さい場合を表す。

【0039】図12より、円筒A、Bの加工目が軸方向と周方向の組合せである場合には、高速で回転する物体(円筒B)の加工目(17)を軸方向とする場合の方が、

50

(5)

7

低速で回転する物体（円筒A）の加工目を軸方向とする場合よりも耐焼付き性が向上することが明らかである。これは、高速回転側に、潤滑性に優れた軸方向の加工目を設ければ、単位時間あたりの凹部の通過頻度が増大することによる。

【0040】従って、一对の軸受構成部品のうち、一方に相対移動方向と直交する加工目が形成され、他方に他の方向の加工目が形成されている場合には、相対移動方向と直交する加工目を有する部品を軸受の高速回転側に配置し、他方を低速回転側に配置すれば耐焼付き性が改善される。

【0041】また、図12より、耐焼付き性の良否には、円筒A、Bのあらさの大小関係よりも、加工目（17）

（18）の方向性の方がより大きな影響を与えることが理解できる。従って、相対移動方向と直交する加工目を有する軸受部品が高速回転側に正しく配置されているのであれば、表面あらさの大小を意識しなくても、耐焼付き性を大きく改善することができる。

【0042】【実験4】 この実験は、円筒Aの中心線平均あらさを $0.07\mu\text{m}$ 程度に設定すると共に、円筒Bの中心線平均あらさを $0.07\mu\text{m}$ 、 $0.15\mu\text{m}$ 、 $0.35\mu\text{m}$ 、 $0.55\mu\text{m}$ の4種類に設定し、各場合における焼き付け発生速度を測定してグラフ化したものである。但し、円筒A、Bの加工目（17）（18）は、双方とも周方向（○で表す）又は軸方向（◎で表す）としている。

【0043】実験結果を表す図13より、両加工目（17）（18）を軸方向とした場合の方が、双方を周方向とする場合より優れた耐焼付き性を有することが理解できる。この実験結果は、ころ（4）及び鏝部（6）の双方に半径方向の加工目を設けた軸受（図6（c）参照）が従来の軸受よりも優れた潤滑性能を発揮することを裏付けるものである。

【0044】【実験5】 この実験は、実験4と同様の条件下で、さらに円筒A、B双方の加工目（17）（18）を軸方向とし、円筒Aの中心線平均あらさを4種類（ $0.07\mu\text{m}$ （○）、 $0.15\mu\text{m}$ （◎）、 $0.35\mu\text{m}$ （△）、 $0.55\mu\text{m}$ （□））に設定してそれぞれの焼き付け発生速度を測定したものである。実験結果を表す図14より、何れの場合も円筒Aと円筒Bの中心線平均表面あらさをほぼ等しくすれば、焼付き発生速度が増大することがわかる。

【0045】このような効果が得られるのは、円筒A、Bの中心線平均あらさがほぼ等しいと、あらさの凹凸が歯車のように噛み合う場合があり、この場合には、中心線平均あらさが異なる組合せに比べて両部材の接触面積が増大し、あらさ凸部に加わる接触圧力が減少するからと考えられる。従って、前記ころ軸受においても、ころ（4）の端面と鏝部（6）の端面、あるいは、軌道面（13）と転動面（14）の最大表面あらさをほぼ等しくすれば、より良好な潤滑が行なえるようになる。

【0046】なお、本発明は、図1に示すような内輪

8

（2）に鏝部（6）を設けた円筒ころ軸受だけでなく、外輪（3）に鏝部（6）を設けたもの（図15（a）参照）や、鏝部を軌道輪（2）（3）と別体の鏝輪（19）で構成したもの（同図（b）参照）にも同様に適用可能である（但し、図15では保持器の図示を省略している）。また、本発明は、上述した内・外輪（2）（3）の鏝部（6）端面や軌道面（13）、あるいは、ころ（4）の端面や転動面（14）だけでなく、軸受内部の滑り接触や転がり接触の生じ得るあらゆる部位に適用することができる。

【0047】さらに、本発明は、上述の円筒ころ軸受に限らず、軸受部品の間で滑り接触や転がり接触が起こり得る転がり軸受一般に広く適用することができる。

【0048】

【発明の効果】このように本発明によれば、潤滑剤を介在させて互いに接触させた一对の軸受部品を有し、両軸受部品が一定方向に相対移動可能である転がり軸受において、少なくとも一方の軸受部品の接触部表面に、前記相対移動方向とほぼ直交する方向の加工目を設けたので、接触部における潤滑性が向上し、軸受寿命増大等の効果を得ることができる。

【0049】また、相対移動方向とほぼ直交する方向の加工目を一对の軸受部品のうち、高速運動側の軸受部品に設けたり、一对の軸受部品のうち、高速運動側の軸受部品の接触部表面のあらさを低速運動側の軸受部品の接触部表面よりもあらくすれば、上記効果をより顕著に得ることができる。

【0050】一般に、接触部における潤滑性能は、一对の軸受部品の接触部表面における合成あらさと略反比例の関係にあるため、合成あらさを過度に大きくするのは実用的でない。本出願人の実験によれば、 $0.8\mu\text{m}$ 以下の合成あらさであれば満足すべき結果が得られることが明らかになった。

【0051】前記相対移動方向とほぼ直交する方向の加工目を前記一对の軸受部品のそれぞれに設け、且つ、前記一对の軸受部品の各接触部表面のあらさをほぼ同じにすれば、あらさ凸部に加わる接触圧力が減少するため、接触部における潤滑性を向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】内輪に鏝部を設けたタイプの円筒ころ軸受の断面図である。

【図2】本発明にかかる加工目を鏝部端面に設けた内輪の一部斜視図である。

【図3】加工目形状の他の実施例を示す一部斜視図である。

【図4】本発明にかかる加工目を端面に設けたころの正面図である。

【図5】加工目形状の他の実施例を示す正面図である。

【図6】本発明にかかる加工目を設けた接触部近傍の模式的な断面図である。

(6) .

" " " " 9

【図7】本発明にかかる加工目を軌道面に設けた内輪の一部斜視図である。

【図8】本発明にかかる加工目を転動面に設けたころの斜視図である。

【図9】実験装置を示す斜視図である。

【図10】実験結果を表すグラフである。

【図11】実験結果を表すグラフである。

【図12】実験結果を表すグラフである。

【図13】実験結果を表すグラフである。

【図14】実験結果を表すグラフである。

【図15】円筒ころ軸受の他の構成例を示す断面図であ

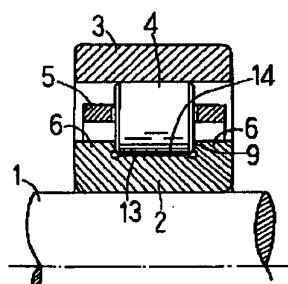
る。

【図16】従来の加工目を示す断面図 (a)、及び、(a) 図中の領域 (A) の拡大図 (b) である。

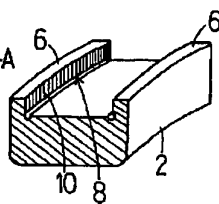
【符号の説明】

- | | |
|----|------------|
| 2 | 軸受部品 (内輪) |
| 3 | 軸受部品 (外輪) |
| 4 | 軸受部品 (ころ) |
| 10 | 加工目 (銑部端面) |
| 12 | 加工目 (ころ端面) |
| 15 | 加工目 (軌道面) |
| 16 | 加工目 (転動面) |

【図1】

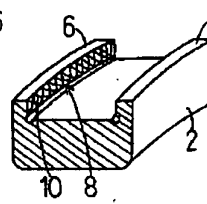


【図2】



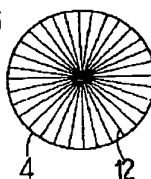
【図6】

【図3】

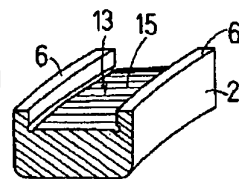


【図8】

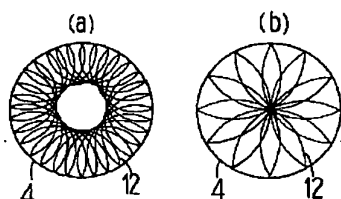
【図4】



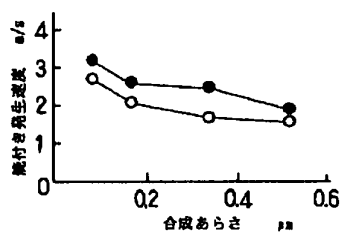
【図7】



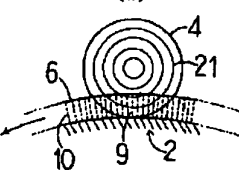
【図5】



【図10】

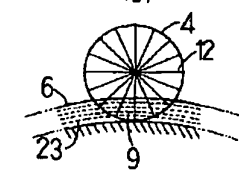


(a)

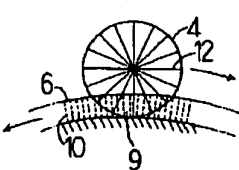


【図9】

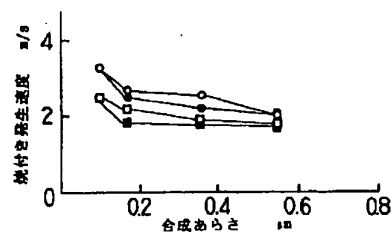
(b)



(c)

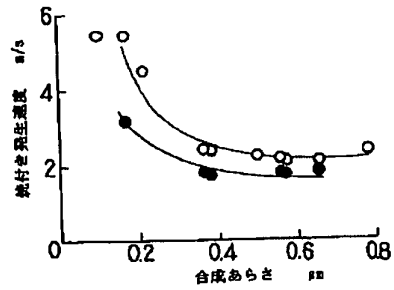


【図12】

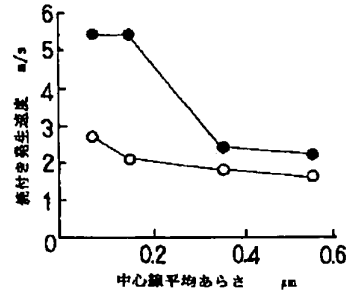


(7)

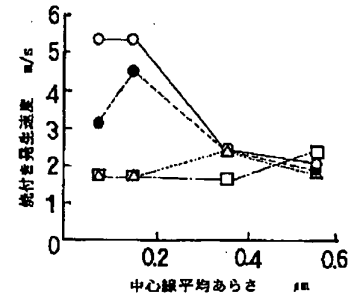
【図11】



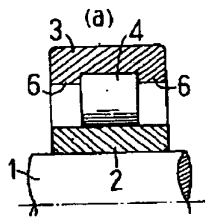
【図13】



【図14】



【図15】



【図16】

